مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی هفدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۰

پایش مکانی ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی در سازندهای مختلف زمین‌شناسی

(مطالعه‌ی موردی: بالادست حوضه‌ی آجی‌چای، شرق دریاچه ارومیه)

فریبا کرمی (دانشیار جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) دانشگاه تبریز، نویسنده‌ی مسؤول)
fkarami@tabrizu.ac.ir
مریم بیاتی خطیبی (دانشیار جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) دانشگاه تبریز)

چکیده

ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی از لیتولوژی و ساختمان زمین‌شناسی سازندهای آبخوان‌ها تأثیر می‌پذیرد. این پژوهش کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی بالادست حوضه‌ی آبریز آجی‌چای را در ارتباط با سازندهای مختلف زمین‌شناسی موجود در آبخوان‌های منطقه بررسی می‌کند. بنابراین متغیرهای هیدروشیمی (کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی موجود در آب) چهل و هفت نمونه آب زیرزمینی منطقه در مهرماه ۱۳۸٦ با استفاده از دیاگرام‌های دایره‌ای و پایپر تجزیه و تحلیل شدند. پس از تعیین تیپ آبی نمونه‌ها، نقش سازندهای مختلف زمین‌شناسی در کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد بررسی قرار گفت. نتایج مطالعه نشان می‌دهند که املاح آب‌های زیرزمینی در مسیر حرکت از پایکوه‌های اطراف به سمت غرب منطقه افزایش یافته و ترکیبات شیمیایی آنها تغییر می‌یابد. یعنی تیپ آبی از بی‌کربنات کلسیم در پایکوه‌های سبلان و بزقوش، که از سنگ‌های آذرین هستند، در غرب منطقه به کلرور کلسیم و منیزیم تبدیل می‌شوند. دلیل این تغییر، وجود سنگ‌های رسوبی و نهشته‌های تبخیری میوسن در غرب منطقه است.

کلیدواژه‌ها: کیفیت آب زیرزمینی، سازندهای‌زمین‌شناسی آبخوان‌ها، شرق‌دریاچه‌ی ارومیه، بالادست حوضه‌ی آجی‌چای.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰

درآمد:

نزولات جوی و آب‌های سطحی در عبور از میان سازندهای مختلف زمین‌شناسی، املاح موجود در آنها را در خود حل می‌کنند. از این‌رو، کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی، به نوع تشکیلات یا سازندی بستگی دارد که آب از میان فضاهای خالی آن عبور می‌کند. همچنین مدت توقف آب در زیر زمین نیز در کیفیت و شوری آب نقش مؤثری دارد؛ زیرا آب هر چه در میان رسوبات زمین بیشتر باقی بماند، شورتر می‌شود.

در یک سیستم زمین‌شناسی، ماهیت و توزیع آکیفرها و آکی‌تاردها[۱] از لیتولوژی، چینه شناسی و ساختمان زمین‌شناسی سازندها و نهشته‌ها تأثیر می‌پذیرد (Freeze and Chery, 1979: 145). برای مثال، اگر رسوبات تشکیل دهنده‌ی آبخوان از اجزای سنگ‌های دگرگونی و ماگمایی تشکیل شده باشند، مقدار کمی مواد محلول خواهند داشت، بخصوص مقدار کلر و سولفات آنها کم خواهد بود. اما آبخوان‌های متشکل از رسوبات آهکی و گچی، دارای مقادیر زیادی املاح هستند (ولایتی، ۱۳۸۷: ۲۱۸).

از آن‌جا که سازندهای زمین‌شناسی از نظر خصوصیات سنگ‌شناسی متفاوت‌اند، آب حاصل از آنها نیز دارای کیفیت گوناگونی است (ولایتی، ۱۳۸۷: ۲۱٦). چون سنگ‌های آذرین و کانی‌های موجود در آنها، نسبت به سنگ‌های رسوبی کمتر در آب حل می‌شوند، بنابراین املاح آبی که از این نوع سنگ‌ها عبور می‌کنند، کمتر است (کردوانی،۱۳۸٦: ۲۷۳). به همین دلیل است که آب‌های زیرزمینی به‌دست آمده از سنگ‌های آذرین دارای کیفیت عالی و غلظت نمک کم می‌باشند (Bouwer, 1987: 318). معمولاً آب‌های زیرزمینی با ترکیبات کلسیم، از سنگ‌های آذرین، سنگ‌های کربناته (سنگ آهک و غیره)[۲] و مواد آبرفتی متشکل از سنگ‌های آذرین هوازده یا سنگ‌های کربناته به دست می‌آید. برای مثال، بازالت، سنگ اصلی پوسته اقیانوسی بوده و از نوع آذرین بیرونی است. کانی‌های آن شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، الیوین و بیوتیت می‌شود. از هوازدگی بازالت مقدار زیادی کاتیون‌های کلسیم، و منیزیم و مقدار کمی سدیم و پتاسیم آزاد می‌شود.

آنـدزیت نیـز یـک سـنگ آذریـن بیرونـی حدوسـط اسـت و مهمتـرین کـانی‌هـای آن را پلاژیوکلاز،آمفیبول، پیروکسن و بیوتیت تشکیل می‌دهـد. از هـوازدگی ایـن سـنگ هـم مقـدار زیادی کاتیون‌های کلسیم وغیره به‌دست مـی‌آیـد (عبـاس‌نـژاد، ۱۳۸٤: ۵۲). همچنـین در آب بـه دست آمده از سنگ‌های آذرین مقدار نسـبتاً زیـادی بـی‌کربنـات وجـود دارد (Bouwer, 1987: 316). از این‌رو رخساره شیمیایی آب‌های زیرزمینی سنگ‌های ولکانیکی بـه‌وسـیله‌ی نـوع آب بی‌کربنات کلسیم و سدیم شناخته می‌شوند.

سنگ‌های رسوبی شامل ماسه سنگ، سنگ آهک و شیل می‌شوند. از هوازدگی سنگ آهـک مقدار زیادی کلسیم و گاهی به مقدار کم منیزیم وارد آب می‌شود (عبـاس‌نـژاد، ۱۳۸٤: ۵۲). آب بدست آمده از ماسه سنگ نیز به مقدار زیادی دارای کاتیون سـدیم و آنیـون بـی‌کربنـات مـی-باشد(Bouwer, 1987: 316).

آب موجود در سازندهای تبخیری (گچی و نمکی) دارای املاح زیادی است، زیرا این قبیـل سازندها به سرعت در آب حل شده و شوری آب‌ها را افزایش می‌دهند. در آب‌های حاصـل از این سازندها، مقدار سولفات به‌ویژه سولفات کلسیم (گچ) زیاد است. مقدار سـدیم نیـز در ایـن قبیل آب‌ها بالاست. تیپ آب در این سازندها اغلب از نوع سولفاته است.

رسوبات جدا شده آبرفتی، انباشتی از اجزای هوازده سازندهای مختلف زمین‌شناسـی اسـت که در حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ها، به‌طور عمده در مواقع طغیانی از ارتفاعات بـه منـاطق پسـت حمل شده‌اند، هراندازه در حوضه‌ی آبریز تعداد سازندهای زمین‌شناسی بیشتر باشـد، رسـوبات حمل شده و انباشته شده نیز از تنوع بیشتری برخورداراند. به همین دلیل کیفیت آب زیرزمینـی در آبخوان‌های آبرفتی دارای تیپ‌های متفاوتی است (ولایتی، ۱۳۸۷: ۳۱۸). بـرای مثـال اگـر دره آبرفتی دارای سنگ‌های کربناته باشد، آب حاوی کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات خواهد بود.

در حوضه‌ی آبریز آجی‌چای که از حوضه‌های مهم دریاچـه‌ی ارومیـه اسـت، منـابع آب از دامنه‌های جنوبی توده‌ی کوهستانی سبلان و دامنه‌های شمالی رشته کوه بزقوش سرچشمه می-گیرند. از آن‌جا که منشأ منابع آب این حوضه از مناطق کوهستانی مرتفع تأمین می‌شود، اصـولاً باید کیفیت خوبی داشته باشند، ولی در طول مسیر کیفیت آنها تغییر می‌کند و به آب‌های شـور

تبدیل می‌شوند. در بالا دست حوضه‌ی آجی‌چای رودخانه‌هـای بزرگـیماننـد آغمیـون‌چـای، تاجیارچای و غیره از دامنه‌های جنوبی سبلان سرچشمه می‌گیرنـد، همچنـین جریـان رودخانـه وانق‌چای و زیرشاخه‌های مهم آن نیز از دامنه شمالی رشته کوه بزقوش آغاز می‌شوند. از ایـن-رو، پایکوه‌های ارتفاعات یادشده دارای ذخایر غنی آب‌های زیرزمینی هستند که همراه آب‌های سطحی به مصارف زراعی، صنعتی و شرب می‌رسند. در این ارتباط به نظر می‌رسد سـازندهای زمین‌شناسی در تغییر کیفیت منابع آب نقش مهمـی داشـته باشـند. یعنـی منـابع آب بالادسـت حوضه دارای کیفیت عالی و خوب هستند و در مسیر به‌دلیل برخـورد بـا سـازندهای مختلـف زمین‌شناسی، ترکیبات آنها تغییر می‌یابد. این تغییر کیفیت در منابع آب زیرزمینی بیشتر خواهـد بود، زیرا آب‌های نفوذی مدت زیادی با واحدهای سنگ‌شناسی گوناگون آبخوان‌هـا در تمـاس هستند. به همین دلیل مطالعـه‌ی حاضـر سـعی دارد، تـأثیر سـازندهای زمـین‌شناسـی مختلـف آبخوان‌ها را در تغییر کیفیت آب زیرزمینی بالادست حوضه‌ی آبریز آجی‌چـای بررسـی نمایـد. این مطالعه برای مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب شیرین پایکوه‌های نواحی کوهسـتانی ضروری به نظر می‌رسد.

پیشینه و سابقه‌ی علمی تحقیق

به لحاظ اهمیت موضوع در دنیا مطالعات زیـادی، ویژگـی‌هـای کیفـی منـابع آب، بـه‌ویـژه آب‌هـای زیرزمینـی، را مـورد بررسـی قـرار داده‌انـد. برخـی دانشـمندان ماننـد (2001, Gruz-Sanjuhan) و (Jalali 2007, 1133-1149) در بررسی تغییر کیفیت و نوسان ترکیبات آنیون‌هـا و کاتیون‌ها، فقط از متدهای ژئوشیمیایی استفاده کردند، در حالی که نویسندگان دیگـری ماننـد Lee (2001, 277-291) و Cimino et al (2008, 1473-1482) برای به‌دست آوردن تصویر کاملی از پدیده‌ی شوری و نفوذ آب‌های شور به آبخوان‌ها، روش‌های ژئوفیزیـک و ژئوشـیمی را بطـور توأمان انتخاب کردند. Farnham et al (2003, 123-138) برای شناسایی فراینـدهای واکـنش آب–

سنگ آب‌های زیرزمینـی از تکنیـک‌هـای آمـاری چنـد متغیـره اسـتفاده **کـرد.** (2003, 92-93) Plummer et al در خصوص شـناخت آکیفرهـا از طریـق ویژگـی‌هـای آب‌هـای زیرزمینـی، در نیومکزیک مطالعاتی انجام دادند.

شناسایی و تحول فرایندهای هیدروشیمی مطالعه‌ی دیگری اسـت کـه در همـین زمینـه Rajmahan and Elango (2004, 47-61) در جنـوب هنـد انجـام داده‌انـد. (2008, 8-19) Harrington et al تحول ژئوشیمی و فرایندهای هیدرولوژی کنترل کننده نوسـانات عناصـر آب‌های شور دریاچه‌ها را با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مطالعه کردنـد. پـیش بینی اثرات شوری ناشی از تغییر کاربری اراضی موضع پژوهش دیگری اسـت کـه (2007, 124-129) Macaulay and Mullen در جنوب شرقی کوئیزلند استرالیا انجـام دادنـد. (2005, 149-163) Punapitukuul et al به بررسی شرایط هیـدروژئومورفولوژی در کیفیـت آب‌هـای زیرزمینی حوضه‌ی دریاچه Songkhla اقدام کردند. Cloutier et al (2006, 573-590) ویژگی-های هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی و روابط بین تیـپ‌هـای مختلـف آب‌هـای زیرزمینـی، زمین‌شناسی و ترکیبات هیدروژئوشیمی را با موضوع شناسایی منشأ آب‌های زیرزمینـی در سیستم آبخوانه‌ی منطقـه‌ی Basses-Laurentides نشـان دادنـد. همچنـین (2009, 195-202) Lecomte et al تأثیر متغیرهای ژئومورفولوژی را در شیمی آب رودخانـه‌هـای کوهسـتانی آرژانتـین بررسـی کردنـد. Guler and Thyne (2004, 177-198) عوامـل زمـین‌شناسـی و هیدرولوژیکی مؤثر بر شیمی آب‌های سطحی و زیرزمینی جنوب شرقی کالیفرنیا را مطالعه کردند.

در زمینه‌ی کیفیت منابع آب و خاک کشور ایران و شوری آنها، پژوهش‌های ارزشمندی به-وسیله‌ی دانشمندان متعدد انجام شده است. برای مثال برخی مطالعات مانند فـیض‌نیـا (۱۳۷۸)، علوی پناه و همکاران(۱۳۸٤)،زهتابیان و همکاران (۱۳۸۵ : ۲۰۹–۱۹۷) زارعیـان جهرمـی و

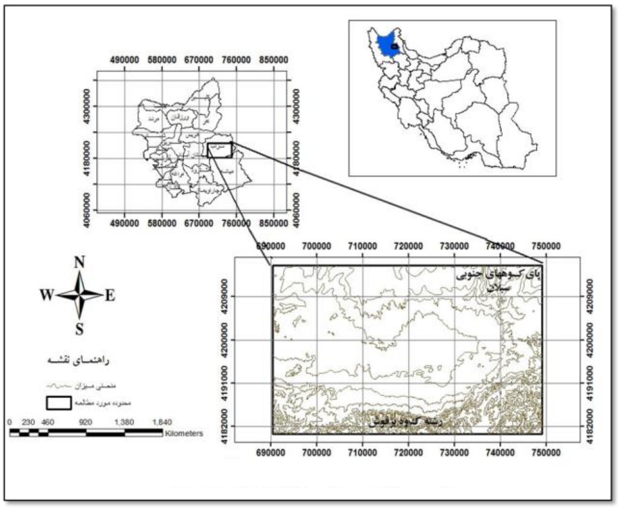
همکاران (۱۳۸٦: ۷-۱) و غیره به بررسی علل تغییر کیفیت منابع و مؤلفه‌های شورشدن آب و خاک در نقاط مختلف کشور اقدام کردند.

در راستای موضوع مورد مطالعه، ترشیزیان و موسوی حرمی (۱۳۰:۱۳۷٤-۱۲٦) ارتباط ژئوشیمی و هیدروژئوشیمی پلایای عقدا را با برونزدهای سنگی اطراف در ایران مرکزی (استان یزد) بررسی کردند. اصغری مقدم و فیجانی (۱۳۸۷: ۱۳-۲) هم به مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروشیمی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه‌ی ماکو پرداختند. همچنین جهانبخش و کرمی (۱۳۸۸) تغییر کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز را در پایین دست آجی‌چای بررسی کردند.

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌**ی** مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی ′۱۲ °۳۸ - ′٤٤ °۳۷ عرض شمالی و ′٥٤ °٤۷ - ′۱٥ °٤۷ طول شرقی در بالادست حوضه‌**ی** آبریز آجی‌چای و در شرق دریاچه ارومیه قرار دارد (شکل۱). حد شمالی آن‌را توده آتشفشانی سبلان، کوه اوغلان‌داغ (۳۲۰۰ متر) و نرمیق‌داغ (۳۱۰٥ متر) با ویژگی‌های کوهستانی تشکیل می‌دهند و دامنه‌های شمالی بزقوش (۳۲۹٦ متر) با توپوگرافی خشن، جنوب منطقه‌ی مورد مطالعه را محدود کرده است. از به‌هم پیوستن سرشاخه‌های اصلی که از دامنه‌های جنوبی سبلان، اوغلان داغ و دامنه‌های شمالی بزقوش سرچشمه می‌گیرند، رودخانه‌ی آجی‌چای تشکیل می‌شود، به سمت غرب جریان می‌یابد و در نهایت به دریاچه‌ی ارومیه می‌ریزد. آغمیون‌چای، تاجیارچای، پیسلرچای، آقامعلی‌چای، رازلیق‌چای و وانق‌چای از سرشاخه‌های اصلی آجی‌چای هستند.

شکل ۱- نقشه‌ی معرفی بالادست حوضه‌ی آجی چای در شرق دریاچه‌ی ارومیه



منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر خصوصیات زمین‌شناسی به البرز و ایران مرکزی مشابهت دارد و قدیم‌ترین سنگ‌های آن به ائوسن تعلق دارند(شکل۲). آتشفشان مرتفع سبلان در شمال- شرقی منطقه قرار دارد. سبلان یک آتشفشان از نوع استراتوولکان است و دارای کالدرا است. به نظر Didon and Gemamin (1976) در کوه سبلان سه سری آتشفشانی قابل تشخیص است که عبارت‌اند از: سری پیش از پیدایش کوه سبلان که در واقع شامل گدازه‌های میوسن و از جنس لاتیت – بازالت است. سری قبل از پیدایش کالدرا که در آن لاتیت – آندزیت فراوان بوده و به داسیت ختم می‌شود. سری بعد از پیدایش کالدرا یا سری فوقانی که بخش اصلی آن آندزیتی و اسیدی است. دو سری اخیر در پلیوکواترنر به‌وجود آمده‌اند (درویش زاده، ۱۳۸۲: ۷۶۷).

سنگ‌های رشته‌کوه بزقوش به‌طورعمده ازسنگ‌های ائوسن شامل آندزیت، تراکیت، لاتیت ، ایگنمبریت وغیره است. درمقایسه باکوهستان‌های اطراف، که سهم سنگ‌های آتشفشانی و ولکانیک‌های سبلان زیاد است، در بخش‌های میانی منطقه بیشتر رسوبات نئوژن و کواترنر گسترش دارند (شکل۲). جهت‌گیری دشت میانی منطقه تقریباً شرقی – غربی است. گسل‌های

فراوانی در جهت مختلف در واحدهای سنگی دیده می‌شوند که اغلب آنها در جهت شـرقی – غربی قرار دارند.

منطقه از نقطه نظر هیدروژئولوژی و بر اساس منابع تغذیه آب زیرزمینی به سه دشتک تقسیم می‌شود. دشتک سراب به آبخوان‌های پایکوه‌های جنوب‌غربـی کوهسـتان سـبلان تعلـق دارد. دشتک اسبفروشان- هریس، سفره‌های آب زیرزمینی پایکوه‌های شمالی رشته کوه بزقوش را شامل می‌شود و محدوده‌ی دشتک بافتان – ابرغان، آکیفرهای غرب منطقه را دربرمی‌گیرد.

منابع تغذیه‌ی آبخوان‌های دشت، به‌طور عمده آب‌های نفوذ یافته از نزولات جوی (بـرف و باران) و جریان‌های سـطحی ارتفاعـات پیرامـون دشـت هسـتند. جـنس آبخـوان‌هـا عمومـاً از واحدهای کواترنری (پادگانه‌های قدیمی و جدید - مخـروط افکنـه‌هـا و غیـره) تشـکیل شـده‌انـد (شکل۲).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش پس از شناسایی منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های توپـوگرافی در مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ و زمین‌شناسـی در مقیـاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ ، بـرای بررسـی کیفـی نمونـه‌ی آب زیرزمینی، چهل و هفت حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، از پارامترهای انـدازه‌گیـری شـدهماننـد کاتیون‌ها (سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم)، آنیون‌ها (کربنات‌ها و بی‌کربنـات‌هـا، کلریـد و سـولفات) اصلی موجود در آب، قابلیت هدایت الکتریکی (Ec) و مواد جامد حـل شـده در آب (TDS)[۳] استفاده شد. نمونه‌های آب در آزمایشگاه‌های سـازمان آب منطقـه‌ای اسـتان آذربایجـان شـرقی آزمایش شده و به‌وسیله‌ی سازمان مدیریت منابع آمار در اختیـار پژوهشـگران قـرار مـی‌گیـرد. نمودارهای کیفی دایره‌ای و Piper برای تعیین کیفیت شیمیایی آب‌ها و تیپ‌بندی نوع آنها به‌کار گرفته شدند. همچنین از نرم افزارهـای Arc/GIS و Excell بـرای ترسـیم نمودارهـا و نقشـه‌هـا استفاده شد.

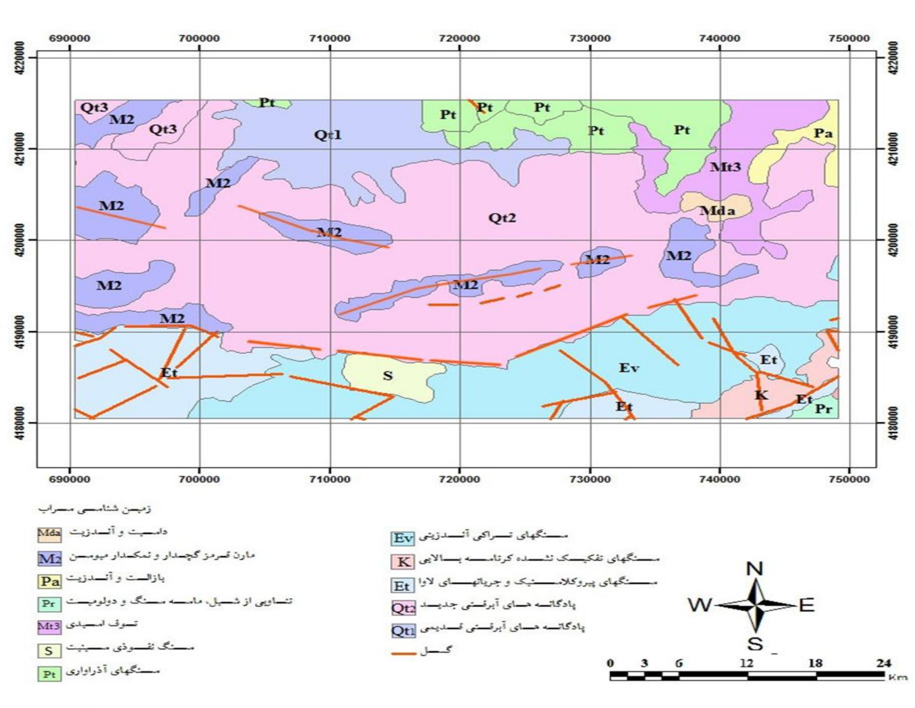
دیاگرام‌های کیفی

دیاگرام‌های کیفی برای نمایش واضح‌تر ترکیبات شیمیایی و تعیین تیپ آب‌ها استفاده شدند. نمودار دایره‌ای که نشان دهنده‌ی مواد موجود در آب و درصد غلظت املاح آب می باشد، برای مهرماه ١٣٨٦ با استفاده از اکسل ترسیم شدند.

دیاگرام پایپر(Piper)

در این نمودار کاتیون‌ها به‌صورت درصدی از کل کاتیون‌ها و بر حسب میلی اکی‌والان در لیتر رسم شدند. در این دیاگرام تیپ آب بسته به این‌که در چه محلی از نمودار قرار گیرد، به-صورت جدول (۱) تعریف شد.

ترکیبات شیمیایی هر کدام از تیپ‌های آبی موجود در نمودار (شکل ۳) نشان داده شده‌اند.

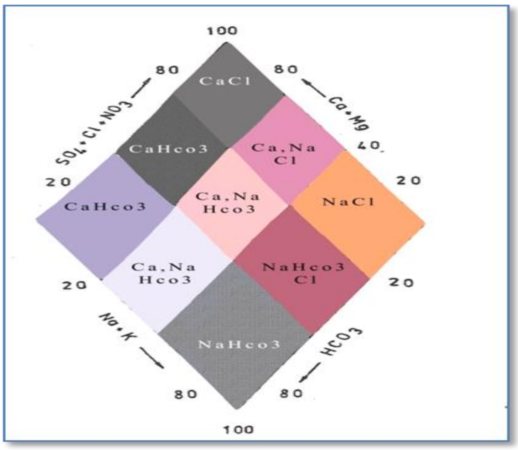


شکل ۲- نقشه زمین شناسی بالادست حوضه آبریز آجی چای

جدول ۱. تیپ‌های مختلف آب در دیاگرام پایپر (Freeze and Chery, 1979)

مناطق	تیپ آب
عمدتاً از نوع کربناته	a
کربناته–سولفاته	b
سولفاته	e,c
کربناته	f,d
سولفاته- کلروره	g

شکل۳. ترکیبات شیمیایی مناطق مختلف دیاگرام پایپر(Freeze and Chery, 1979)



نتایج

تیپ بندی آب زیرزمینی با استفاده از دیاگرام‌های کیفی

نمودارهای دایره‌ای

برای بررسی غلظت یون‌های موجود در آب‌های زیرزمینی، به‌طور نمونه آغمیـون از دشـتک سـراب، هریس از دشتک اسبفروشان- هریس و بهرمان از دشتک بافتان – ابرغان، انتخاب شدند. ترکیب شـیمیایی نمونه آب زیرزمینی آغمیون در دشتک سراب در مهرماه ١٣٨٦ نشان می‌دهد که از بین آنیون‌ها، یـون بـی-

کربنات با ۷۲/٤٤ درصد و ازکاتیون‌ها، یون کلسیم با ٥٦/۳٥ درصد سبب شده تا نوع نمونه آب بی‌کربنات کلسیم باشد (شکل٤). نمودار دایره‌ای بهرمان در مهرماه ۱۳۸٦، تیپ آب این نمونه آب را به‌دلیل غلبه‌ی ٥۲/۹٤ درصدی یون کلر از آنیون‌ها و ۳۷/٦ درصد یون منیزیم از کاتیون‌ها، کلرور منیزیم نشان می‌دهد (شکل٤). این نمونه آب ویژه دشتک بافتان–ابرغان می‌باشد. تیپ آب هریس از دشتک اسبفروشان– هریس در مهرماه ۱۳۸٦ با غلبه‌ی ۸۹/٥٥ درصدی یون بی‌کربنات از آنیون‌ها و ٦۲/۷۲ درصدی یون‌کلسیم از کاتیون‌ها از نوع بی‌کربنات‌کلسیم است (شکل٤).

با بررسی ترکیب شیمیایی چهل و هفت نمونه آب زیرزمینی در کل منطقه در مهر ماه ۱۳۸٦، شش تیپ آب زیرزمینی مشخص شد (جدول۲) که به ترتیب فراوانی شامل آب‌های از نوع بی‌کربنات کلسیم (۷۸/٥٥)، بی‌کربنات سدیم (٦/۱۲ درصد)، سولفات کلسیم (٦/۹۱ درصد)، سولفات سدیم (٤/۷۱ درصد)، کلرور منیزیم (۲/۲ درصد) و کلرور کلسیم (۱/٥ درصد) هستند (شکل ٥).

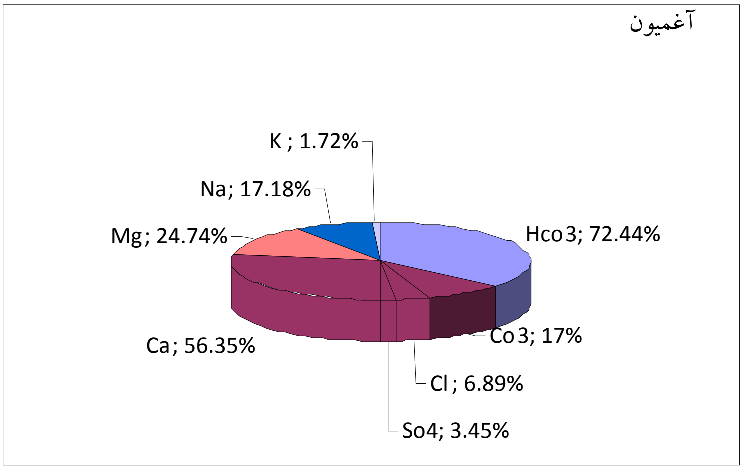
جدول۲. درصد تیپ آبی آبخوان‌های بالادست حوضه‌ی آجی‌چای در مهر ۱۳۸٦

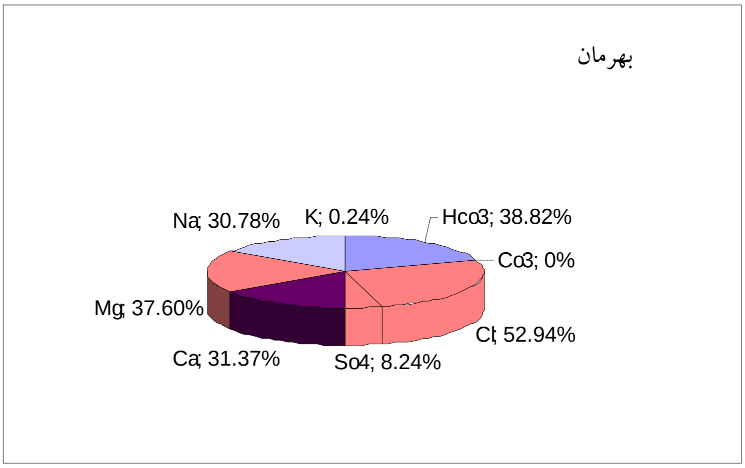
ردیف	تیپ آبی	آبخوان‌های دشتک سراب	آبخوان‌های دشتک اسبفروشان–هریس	آبخوان‌های دشتک بافتان–ابرغان	آبخوان‌های کل منطقه مورد مطالعه
۱	بی‌کربنات کلسیم	۸۱/۸۲	۱۰۰	٥۳/۸٤	۷۸/٥٥
۲	بی‌کربنات سدیم	۱۱/٥۸	–	٦/۷۹	٦/۱۲
۳	سولفات کلسیم	٦/٦	–	۱٤/۱۳	٦/۹۱
٤	سولفات سدیم	–	–	۱٤/۱۳	٤/۲٥
٥	کلرور منیزیم	–	–	٦/٦	۲/۲
٦	کلرور کلسیم	–	–	٤/٥	۱/٥

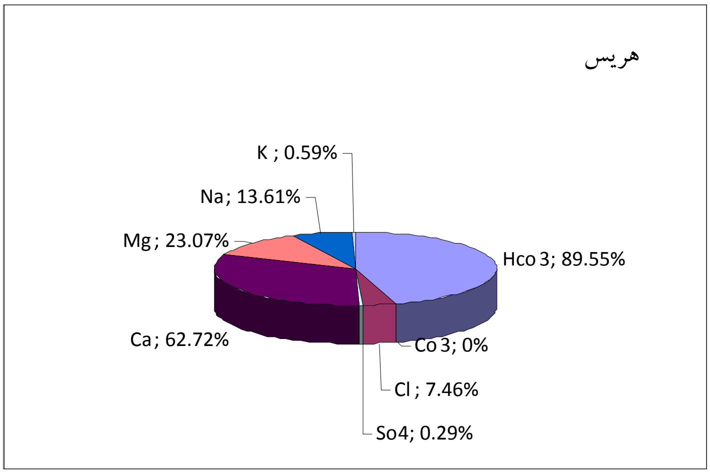
حدود ۷۸/٥٥ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی مورد مطالعه از نوع بی‌کربنات کلسیم هستند که بیشترین فراوانی به آبخوان‌های دشتک اسبفروشان– هریس (صد درصد) در پایکوه‌های بزقوش مربوط می‌شود. سپس آکیفرهای دشتک سراب در پایکوه‌های سبلان (۸۱/۸۲ درصد) و سفره‌های آب زیرزمینی دشتک بافتان – ابرغان، در غرب دشت (٥۳/۸٤ درصد) حاوی آب‌های بی‌کربنات کلسیم هستند. آب-های زیرزمینی با ترکیبات بی‌کربنات سدیم در آبخوان‌های دشتک سراب ۱۱/٥۸ درصد و در آکیفرهای دشتک بافتان–ابرغان حدود ٦/۷۹ درصد می‌باشد. آب‌های حاوی سولفات کلسیم در آبخوان‌های

دشتک بافتان ابرغان (۱۴/۱۳ درصد) بیشتر از دشتک سراب (٦/٦ درصد) وجود دارند. همچنین آب‌های سولفات سدیم فقط در حدود ۱۴/۱۳ درصد آب‌های زیرزمینی غرب دشت را تشکیل می‌دهند. در دشتک بافتان-ابرغان نوع دیگری از آب‌های زیرزمینی با ترکیب کلرورمنیزیم حدود ٦/٦ درصد آبخوان-های این دشتک را دربرمی‌گیرند و ٤/٥ درصد سفره‌های زیرزمینی این دشتک از نوع کلرور کلسیم هستند(جدول۲).

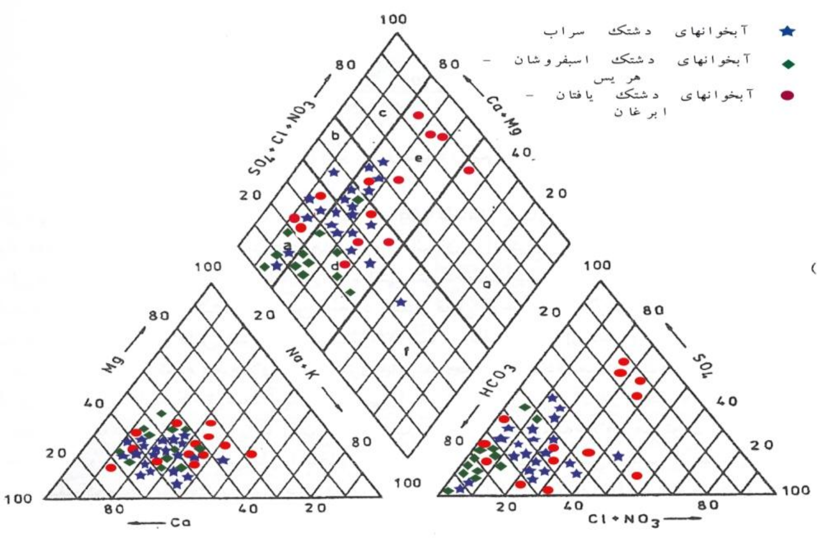
شکل٤ . نمودارهای دایره‌ای ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی در دشتک‌های مختلف منطقه مهر ۱۳۸٦







شکل۵. نمایش تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی آبخوان‌های منطقه در دیاگرام پایپر در مهر ماه ۱۳۸٦

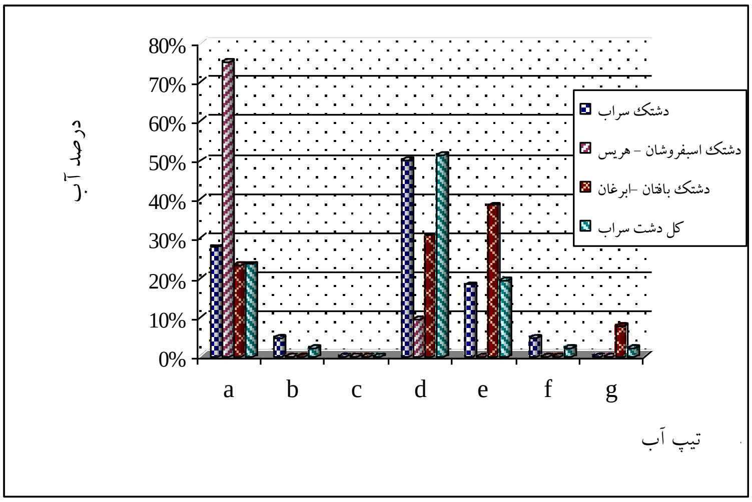


تیپ آب‌ها در مناطق مختلف نمودار شامل منطقه (a) کربناته (b) کربناته – سولفاته (c) سولفاته
(d) کربناته (e) سولفاته (f) کربناته (g) سولفاته – کلروره

نمودار پایپر (شکل۵) تیپ نمونه آب‌های زیرزمینی بالادست آجی‌چای را در مهرماه ۱۳۸٦ نشان می‌دهد. در آبخوان‌های دشتک سراب، آب‌های با تیپ کربناته (۷۷/۲۷ درصد) غلبه دارند که در محل آب‌های شیرین دیاگرام پایپر(d, a) قرار می‌گیرند. حدود ۱۸/۲ درصد نمونه آب‌های زیرزمینی این دشتک از نوع سولفاته است که در محدوده‌ی (e) استقرار دارند و ٤/۵ درصد بقیه‌ی نمونه آب‌ها هم از نوع کربناته – سولفاته هستند.

براساس نمودار پایپر صد درصد نمونه آب‌های دشتک اسبفروشان – هریس با قرارگیری در منطقه آب‌های شیرین (d, a) نمودار از نوع کربناته می‌باشند. در دشتک بافتان–ابرغان هم ۵۳/۸٤ درصد آب‌ها از نوع کربناته‌اند و در محل(d, a) دیاگرام قرار دارند. حدود ۳۸/٤٦ نمونه آب‌های زیرزمینی این دشتک در منطقه‌ی (e) واقع شده‌اند و از نوع سولفاته هستند. برخی از این نمونه‌ها مانند گلوجه به محدوده‌ی آب‌های شور (c) نزدیک می‌شوند. آب‌های با تیپ سولفاته – کربناته هم ۷/٦۹ درصد آب‌های زیرزمینی دشتک بافتان – ابرغان را تشکیل می‌دهند. در کل منطقه، آب‌های کربناته با ۷٦/۵۸ درصد، بیشترین میزان آب‌های زیرزمینی را شامل می‌شوند. حدود ۱۲/۲ درصد آب‌ها از نوع کربناته – سولفاته و ۱۹/۱٤ درصد از نوع سولفاته هستند و ۱۲/۲ درصد بقیه هم تیپ سولفاته – کلروره دارند (شکل٦).

شکل٦. درصد انواع آب‌های زیرزمینی بالادست آجی‌چای براساس نمودار پایپر در مهر ماه ۱۳۸٦

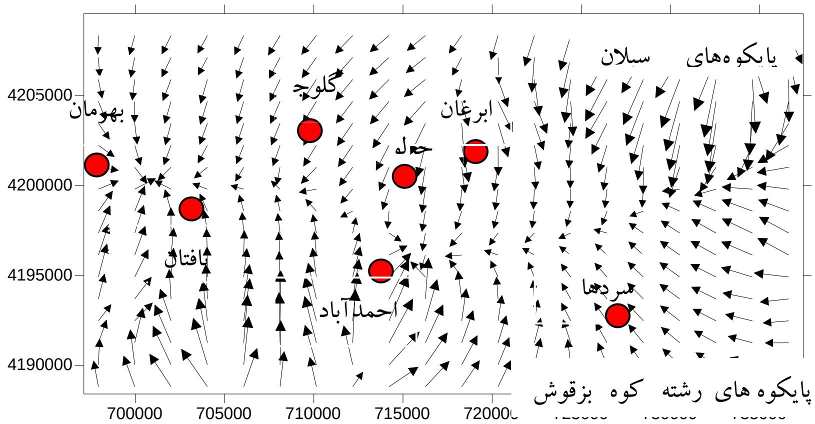


بحث و نتیجه گیری

اگرچه منابع و واکنش‌های زیادی غلظت مواد محلول در آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ولی نمک‌های محلول در آب زیرزمینی به‌طور عمده از انحلال مواد سنگی به‌وجود می‌آینـد. در بالادسـت حوضه‌ی آبریز آجی‌چای، هم به‌دلیل وجود سازندهای زمین‌شناسی متفاوت، انواع تیپ‌هـا و ترکیبـات در آب‌های زیرزمینی وجود دارد. به‌ویژه این‌که با دور شدن از محـل تغذیـه‌ی سـفره‌هـای آب زیرزمینـی در پایکوه‌های اطراف و با حرکت آب‌های زیرزمینی در مسیر، بر غلظت املاح افزوده می‌شـود. بـا توجـه بـه مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی (شکل۷) که از ارتفاعات اطراف به سمت مرکـز دشـت اسـت، بـر میـزان املاح آب‌های شیرین افزوده شده و ترکیبات آنها تغییر پیدا می‌کنند. بـه‌گونـه‌ای کـه میـزان Ec در سـردها (پایکوه‌های بزقوش) ۳٥٦ میکرموس برسانتی‌متر وترکیب آب از نوع بی‌کربنات کلسیم است.

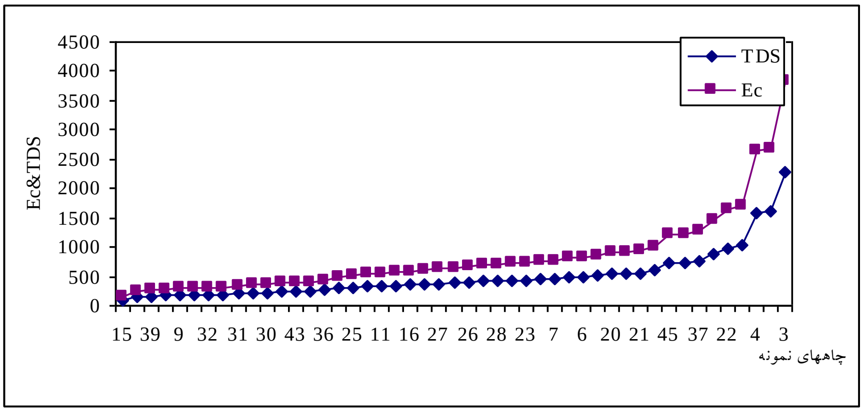
به‌تدریج به‌طرف مرکز دشت، میزان شوری در احمد آباد تا ٤۹۲ میکرموس بر سانتی‌متر می‌رسد، ولـی ترکیب آن تغییر نمی‌کند. در ابرغان با همان ترکیب شیمیایی میزان Ec تا ۱۲۰۷ میکرمـوس بـر سـانتی‌متـر افزایش می‌یابد، در بافتان با ۱۲۸٥ میکرموس بر سانتی‌متر املاح آب به بی‌کربنات سدیم تبدیل می‌شـوند و در نهایت در بهرمان (غرب منطقه‌ی مطالعاتی) میزان شوری با ۱۷۰٤ میکرموس بر سانتی‌متـر و بـا افـزایش غلظت املاح، تیپ آب به کلرورسدیم تغییر می‌یابد. همین وضعیت افزایش املاح از پایکوه‌های سبلان تـا انتهای دشت نیز ملاحظه می‌شود (شکل ۷).

شکل۷. نمایش جهت حرکت و مسیر آب‌های زیرزمینی در بالادست حوضه‌ی آجی‌چای



شکل (۸) افزایش مقادیر Ec و TDS آب چاه‌های غربی منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن از ارتفاعات اطراف و نزدیکی به سازندهای گچ‌دار و نمک‌دار بخش میانی و مرکزی دشت بر میزان املاح آنها افزوده شده و کیفیت شیمیایی آبها تغییر می‌یابد. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، چاه‌های شماره ۲، ۳،٤، ۵ به بهرمان، قزلگچی، گلوجه، چرلو در غرب منطقه‌ی مطالعاتی متعلق هستند.

شکل۸. مقادیر Ec و TDS نمونه آب‌های زیرزمینی منطقه در مهرماه ۱۳۸٦



همان‌گونه که اشاره شد حدود ۸۱/۸۲ درصد آب سفره‌های زیرزمینی دشتک سراب که از لابه‌لای انواع سنگ‌های آذرین کوهستان سبلان عبور می‌کند، از نوع بی‌کربنات کلسیم می‌باشد و ۱۱/۵۸درصد هم دارای ترکیبات بی‌کربنات سدیم است. اغلب سنگ‌های دامنه جنوبی سبلان در کواترنر از سنگ‌های آندزیتی، تراکی آندزیتی و آندزیتی- بازالتی هستند. در پلیوکواترنری نیز جریان گدازه‌ای و گدازه‌های برشی آندزیتی غلبه دارند. در اثر هوازدگی این سنگ‌ها در دامنه‌های سبلان مقدار زیادی کاتیون کلسیم، منیزیم و سدیم به‌دست می‌آید که در اثر نفوذ در آب‌های زیرزمینی و عبور از درز و شکاف سنگ‌ها، به‌صورت محلول در آب درمی‌آیند. در شرق منطقه هم سنگ‌های رسوبی نئوژن، الیوین بازالت و پیروکسن آندزیت کواترنری گسترش

زیادی دارند. آب زیرزمینی حاصل از این سازندهای زمین‌شناسی هم از نوع بی‌کربنات کلسیم است.

حدود ۵۳/۸۴ درصد آب‌های غرب منطقه در دشتک بافتان–ابرغان هم دارای ترکیبات بی-کربنات کلسیم و ۶/۷۹ درصد آب‌ها با ترکیبات بی‌کربنات سدیم هستند. ازاین‌رو، هوازدگی کانی‌های سیلیکاته (شامل آمفیبول، فلدسپار، الیوین، پیروکسن و غیره) سنگ‌های آذرین ارتفاعات اطراف، غلظت یون‌های غالب (مانند کلسیم، سدیم، منیزیم و پتاسیم) آب‌های زیرزمینی آبخوان-های منطقه را کنترل می‌کنند.

در آبخوان‌های دشتک بافتان– ابرغان به‌دلیل انحلال آهک و ژیپس موجود در سنگ‌های رسوبی دشت مقدار سولفات (آنیون اصلی) و کلسیم (کاتیون اصلی) افزایش می‌یابد. چنان‌که در آکیفرهای دشتک ابرغان–بافتان حدود ۱۴/۱۳ درصد آب‌های زیرزمینی املاح سولفات کلسیم (گچ) هستند. برای مثال، تیپ آبی گلوجه و قزل گچی از نوع سولفات کلسیم هستند (شکل ۹). در ضمن، در این منطقه حدود ۱۴/۱۳

شکل۹. گنبدهای نمکی منطقه متشکل از مارن‌های سبز و خاکستری گچ‌دار و نمک‌دار



درصد آب‌های زیرزمینی (مانند چرلو)، املاح سولفات سدیم دارند. منشأ این آب‌ها در دشتک بافتان- ابرغان سنگ‌های رسوبی میوسن و گنبدهای نمکی متشکل از مارن‌های سبز خاکستری و قرمز گچ‌دار و نمک‌داراند که در بخش مرکزی منطقه قرار دارند (شکل۹). در اثر انحلال هالیت و ژیپس موجود در این رسوبات تبخیری، انواع آب‌های زیرزمینی از جمله سولفات سدیم تشکیل می‌شوند. همچنین به‌دلیل انحلال این سازندها، حدود ۷/٦ درصد آب‌های زیرزمینی دشتک بافتان-ابرغان دارای آب با ترکیبات کلر ومنیزیم (مانند بهرمان) و ٤/٥ درصد آب‌های شرقی دشتک سراب از نوع آب‌های کلرور کلسیم هستند.

در آبخوان‌های دشتک اسبفروشان- هریس به دلیل وسعت زیاد سنگ‌های آندزیتی و هوازدگی کانی‌های سیلیکاته، شامل: پلاژیوکلازها، فلدسپار، الیوین، پیروکسن و غیره، تیپ آب‌های زیرزمینی به‌طورکلی از نوع بی‌کربنات کلسیم است.

یادداشت‌ها

۱. آکی‌تارد (Aquitard) به سفره آب زیرزمینی ناتراوا گفته می‌شود (کردوانی، ۱۳۸٦، ۱۰۸).

۲. کلسیم در ترکیبات سیلیکاته سنگ‌های آذرین و دگرگونی به مقدار قابل توجهی وجود دارد. در حقیقت کلسیم حاصل از تخریب این سنگ‌ها، منشا اولیه ترکیبات رسوبی را تشکیل می‌دهد، مانند آهک که بزرگترین منبع کلسیم است(معماریان، ۱۳۷۹،۷۱).

۳. برای ارزشیابی شوری آب از شاخص‌های هدایت الکتریکی (Electrical Conduction) و مواد جامد حل شده در آب (Total Dissolved Solides) استفاده می‌کنند.

کتابنامه

۱. اصغری مقدم، اصغر، فیجانی، الهام. (۱۳۸۷)، "مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروشیمیایی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو در ارابط با سازندهای زمین شناسی منطقه"، ***فصلنامه علوم زمین***، سال هفدهم، شماره ٦۷، صص ۱۳-۲.

۲. ترشیزیان، حبیب ا...، موسوی حرمی، رضا. (۱۳۷٤)، "ارتباط ژئوشیمی و هیدروژئوشیمی پلایای عقدا با برونزدهای سنگی اطراف در ایران مرکزی، استان یزد"، ***مجموعه مقالات دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران***، تهران.

۳. جهانبخش، سعید، کرمی، فریبا. (۱۳۸۸)، ***تأثیر وقوع خشکسالی‌ها در منابع آب زیرزمینی دشت تبریز***، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی دانشگاه تبریز.

٤. درویش زاده، علی. (۱۳۸۲)، ***زمین‌شناسی ایران***. نشر دانش امروز.

۵. زارعیان، جهرمی، مجتبی، تقی زاده، روح ا..، محمودی، شهلا، حیدری، احمد. (۱۳۸٦)، "ارزیابی روش‌های زمین آماری جهت پیش بینی پراکنش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی (دشت یزد-اردکان)"، ***مجموعه مقالات چهارمین همایش علوم مهندسی آبخیزداری***، ۲-۱ اسفند دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

٦. زهتابیان، غلامرضا، سرداری مهرآباد، مریم، سوری، مهشید.(۱۳۸۵)، "بررسی اثر آبیاری در شور شدن خاک دشت یزد- اردکان"، ***مجله‌ی بیابان***، جلد۱۱، شماره۱، صص ۲۰۹-۱۹۷.

۷. عباس نژاد، احمد.(۱۳۸٤)، ***خاکشناسی برای زمین شناسی***، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۵۳۵ص.

۸ . علوی پناه، سیدکاظم، خدائی، کمال و منصور جعفر بیگلو. (۱۳۸٤)، "مطالعه کارایی داده‌های ماهواره‌ای در بررسی کیفیت آب در دو سوی میانگذر دریاچه‌ی ارومیه"، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۵۳، صص ٦۹-۵۷.

۹. فیض نیا، سادات. (۱۳۷۸)، ***بررسی علل زمین شناسی بیابانی شدن غرب حوضه‌ی مرکزی (قم-کاشان)***، مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تحقیقات بیابان.

۱۰. کردوانی، پرویز. (۱۳۸٦)، ***ژئوهیدرولوژی***. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸٦ص.

۱۱. معماریان، حسین.(۱۳۷۹)، ***زمین شناسی برای مهندسین***. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۳۵ص.

۱۲. ولایتی، سعداله.(۱۳۸۷)، ***هیدروژئولوژی سازندهای نرم و سخت***، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۹۵ص.

13. Bouwer,H. (19878), ***Groundwater Hydrology***. McGraw-Hill,Inc. pp:525.

14.Cimino,A., Cosentio,C., Oieni,A., Tranchina,L.,(2008), ***A geophysical and geochemical aproach for seawater intrusion assessment in the Acquedolci Coastal aquifer (Northern Sicily)***, Environ.Geol. 55 (7). 1473-1482.

15.Cloutier,V., Lefebvre,R., Savard,M.M., Bourque, E.Therrien,R.,(2006), ***Hydrochemistry and groundwater origin of the Basses-Laurentides sedimentary rock aquifer system***,Qubec,Canad.Hydrology Journal 14, 573-590.

16. Farnham,L.M., Johannesson,K.H., Singh,A.K., Hodge,V.F., stetzenbach, K.J., (2003), ***Factor analytical approaches for evaluating groundwater trace element chemistry data***. Analytical chimica Acta. 490, 123-138.

17. Frezze,R.A and Cherry,J.A. (1979), ***Groundwater***. Prentice Hall,Inc.

18.Guler,G., and Thyne,G.D. (2004), ***Hydrologic and geologic factors controlling surface and groundwater chemistry in Southeastern California***,USA. Journal of Hydrology 285,177-198.

19.Harrington,N.M., Herczeg,A.l., Salle,C. (2008), ***Hydrological and geochemical processes controlling variations in Na, Mg, Cl, So4, groundwater brines***, Southeastern Australia, Chemical Geology 251,8-19.

20.Lecomte,K.L., Garcia,M.G., Formica,S.M., Depetris.P.J. (2009), ***Influence of geomorphological variables on mountains stream water chemistry*** (Sierras Pampeanas, Cordoba, Argentina. Geomorphology 110, 195-202.

21.Lee,S.H., Kim, K.G., Ko, I., Lee,S.G., Hwang, H.S.(2001),***Geochemical and geophysical monitoring of salin water intrusion in Korean paddy fields***.Environ.Geochem.Health. 24.277-291.

22.Macaulay,S., Mullen,I. (2007), ***Predicting salinity impacts of landuse change***, SE Queensland, Australia. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 9,124-129.

23.Panapitukul, N. Pengnoo.A. Siriwong,C. and Chatupote,W.(2005), ***Hydrogeomophological controls on groundwater quality: Thailand. Water, Air and Soil Pollution***, Vol. 5:149-163.

24. Plummer, L.N., Bexfield,L.M., Anderholm,S.K. (2003), ***How groundwater chemistry helps us understand the aquifer***. In: Bartolino, J.R., Cole,J.C. (Eds.) .U.S. Geological Survey Circular 1222, 92-93.

25.Rajmohan,N., Elango, L. (2004), ***Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the Palar and Cheyyar River basin***, Southern India. Environment Geology 46, 47-61.